



KAJIAN NUMERIK PERBANDINGAN UNJUK KERJA ENGINE PENGGERAK POMPA PETANI TTIPE CS 8,5 ST 300 CC SATU SILINDER BERBAHAN BAKAR GASOLINE DAN LPG DENGAN MEMVARIASIKAN IGNITION TIMING

Oleh

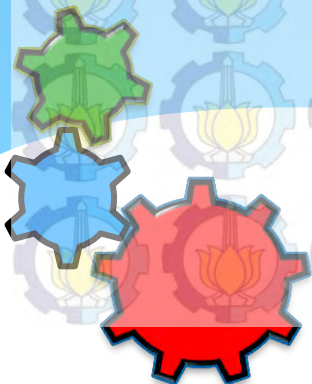
Candra Nurdiansyah 2111030030

Dosen Pembimbing :

1. Ir. Joko Sarsetiyanto MT
2. Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2014



SISTEMATIKA PEMBAHASAN

**BAB I
PENDAHULUAN**

**BAB V
KESIMPULAN
&
SARAN**

**MAIN
CONTENT**

**BAB II
TINJAUAN
PUSTAKA**

**BAB IV
ANALISIS DATA
&
PEMBAHASAN**

**BAB III
METODOLOGI
PENELITIAN**



LATAR BELAKANG

BAB I PENDAHULUAN



MINISTRY
MEMR

CADANGAN DAN PRODUKSI ENERGI INDONESIA (2008)

No.	Energi Fosil	Sumber Daya (SD)	Cadangan (CAD)	Rasio SD/CAD (%)	Produksi (PROD)	Rasio CAD/PROD (Tahun ^{*)})
1	2	3	4	5=4/3	6	7=4/6
1	Minyak Bumi (milyar barrel)	56,6	8,2**)	14	0,357	23
2	Gas Bumi (TSCF)	334,5	170	51	2,9	59
3	Batubara (milyar ton)	104,8	20,98	18	0,229	82
4	Coal Bed Methane/CBM (TSCF)	453	-	-	-	-

*) Dengan asumsi tidak ada penemuan cadangan baru

**) Termasuk Blok Cepu

Pengembangan sumber-sumber alternatif dalam rangka mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM) tertuang pada PERPRES No. 5 Tahun 2006, tentang Kebijakan Energi Nasional.



PERUMUSAN MASALAH

Perubahan Performa S.I.E. ketika menggunakan Gasoline dengan memvariasikan Ignition timing

Perubahan performance S.I.E ketika menggunakan *single fuel* LPG dengan variasi ignition timing

Perbandingan unjuk kerja S.I.E penggerak Pompa bahan bakar gasoline dengan *Single Fuel* LPG

Uji simulasi numerik >
Lotus Engine Simulation
(LES)



BATASAN MASALAH

- ☒ $T_{\infty} = 25^{\circ}\text{C}$ & $P_{\infty} = 1 \text{ Atm}$
- ☒ Udara atmosfer = Gas ideal
- ☒ Standart Pengujian SAE J 1349 (5/1985)
- ☒ Mesin yang digunakan analisa single silinder
- ☒ Besar *Ignition timing* berbanding liner dengan harga heat phase
- ☒ Bahan bakar menggunakan gasoline dan atau LPG Oktan Sempurna
- ☒ Tidak membahas fluida dan material daripada pompa
- ☒ Tidak membahas Perpindahan panas pada engine
- ☒ Kondisi simulasi LES > *wide open throttle*
- ☒ Tidak Membahas produk Gas Pembakaran



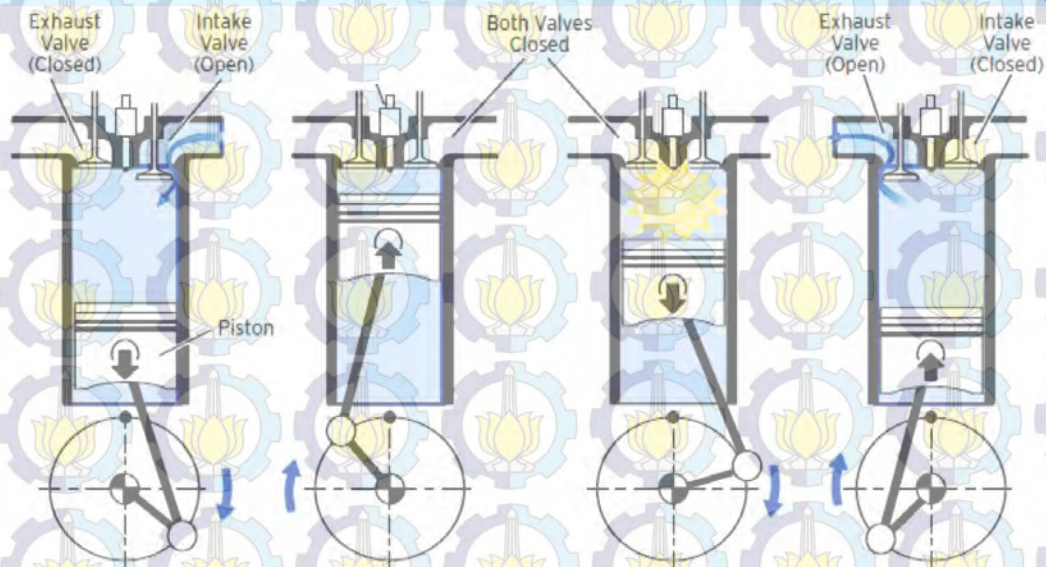
TUJUAN

Mengetahui Unjuk Kerja Spark Ignition Engine with *single fuel* LPG

Mengetahui performance S.I.E dengan memvariasi ignition timing

Mengetahui perbandingan S.I.E Penggerak Pompa Berbahan bakar gasoline dengan *single fuel* LPG

S.I.E 4 LANGKAH



Prop. Unjuk kerja S.I.E. 4 Langkah

[Heywood : 1988]

$$P = 2\pi NT$$

Daya (KW)

$$MEP \text{ (kPa)} = \frac{6,28 \times 2 \times T \left(\frac{N \cdot m}{dm^3} \right)}{V_d}$$

Mean Effective Press.

$$sfc \text{ (mg/J)} = \frac{\dot{m}_f \left(\frac{g/s}{kW} \right)}{P}$$

Spesific Fuel Consumption

$$\frac{A}{F} = \frac{\dot{m}_a \left(\frac{g/s}{g/s} \right)}{\dot{m}_f}$$

Air - Fuel Ratio

$$\eta_v = \frac{2 \dot{m}_a}{\rho_{a,i} \times V_d \times N \left(\frac{g/s}{m^3 \cdot m^3 \cdot 1/s} \right)}$$

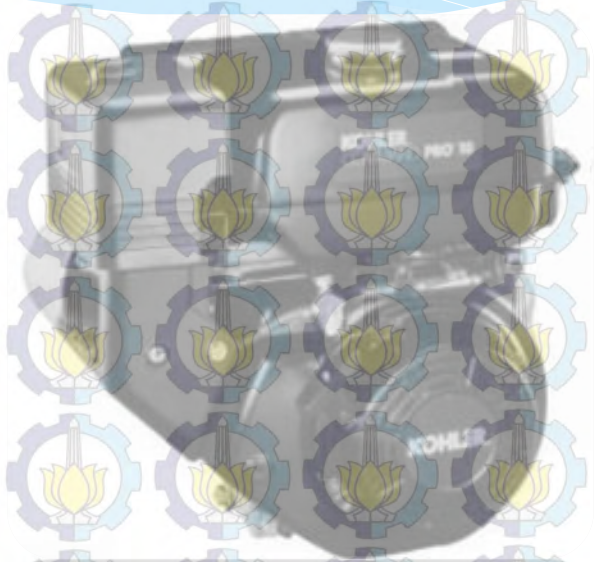
Volumetric Eff.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Geometry of Engine and Fixed engine operating parameters

No	Parameter	Spesifikasi
1	Tipe Mesin	CS8,5ST, 4 Stroke, OHV, Aircooled,
2	Diameter x Langkah (mm)	78 x 63
3	Volume Langkah (cm ³)	301
4	Daya Maksimum	6,33 kW @3600 rpm
5	Torsi Maksimum	19,66 N.m @2000 rpm
6	Pemasukan Bahan Bakar	Carburettor
7	Fuel	Gasoline STD , LPG
8	Combustion model	Wiebe model
9	Heat transfer model	Woschni model



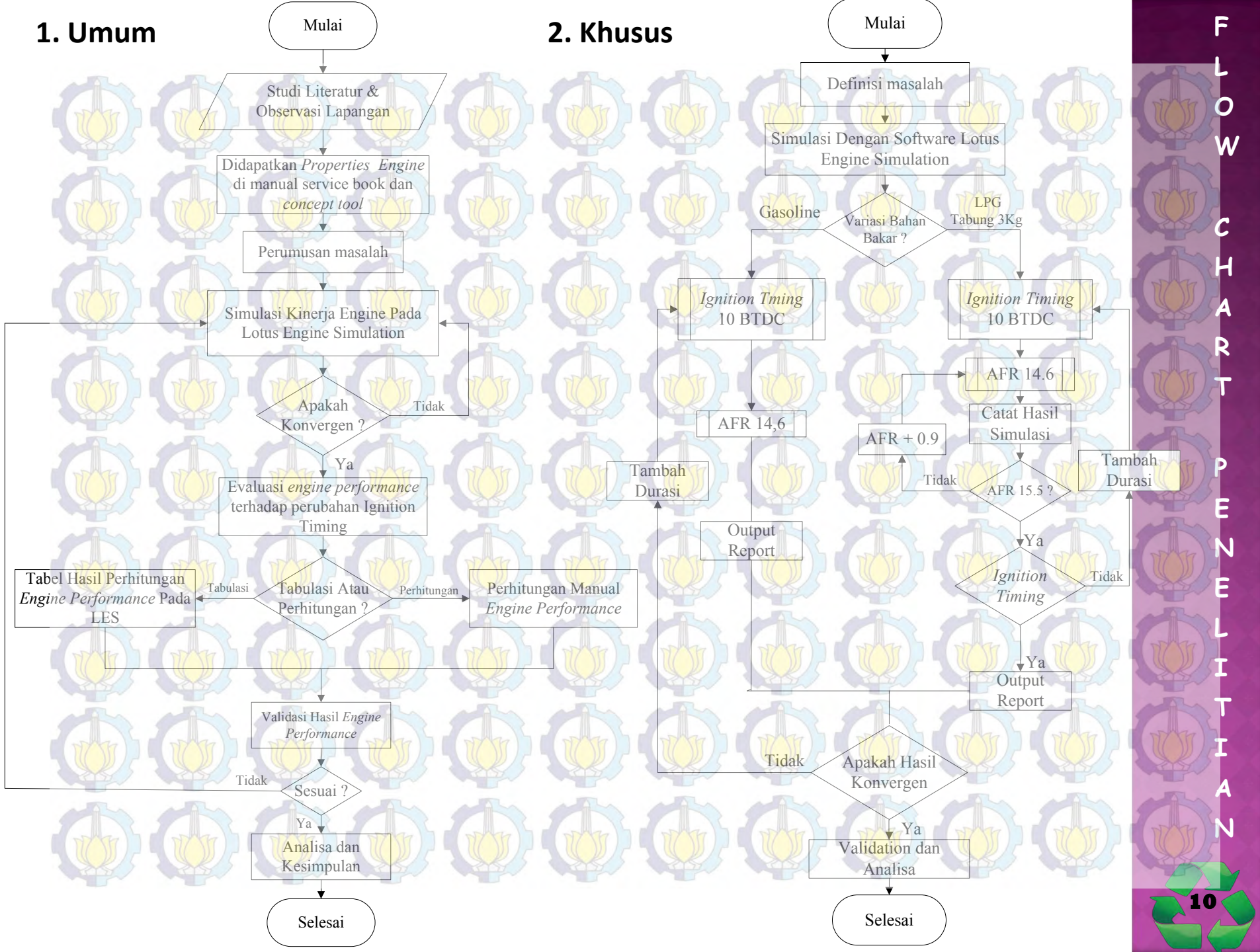
Engine Tipe CS8,5 ST

**Operating
Parameter
s**



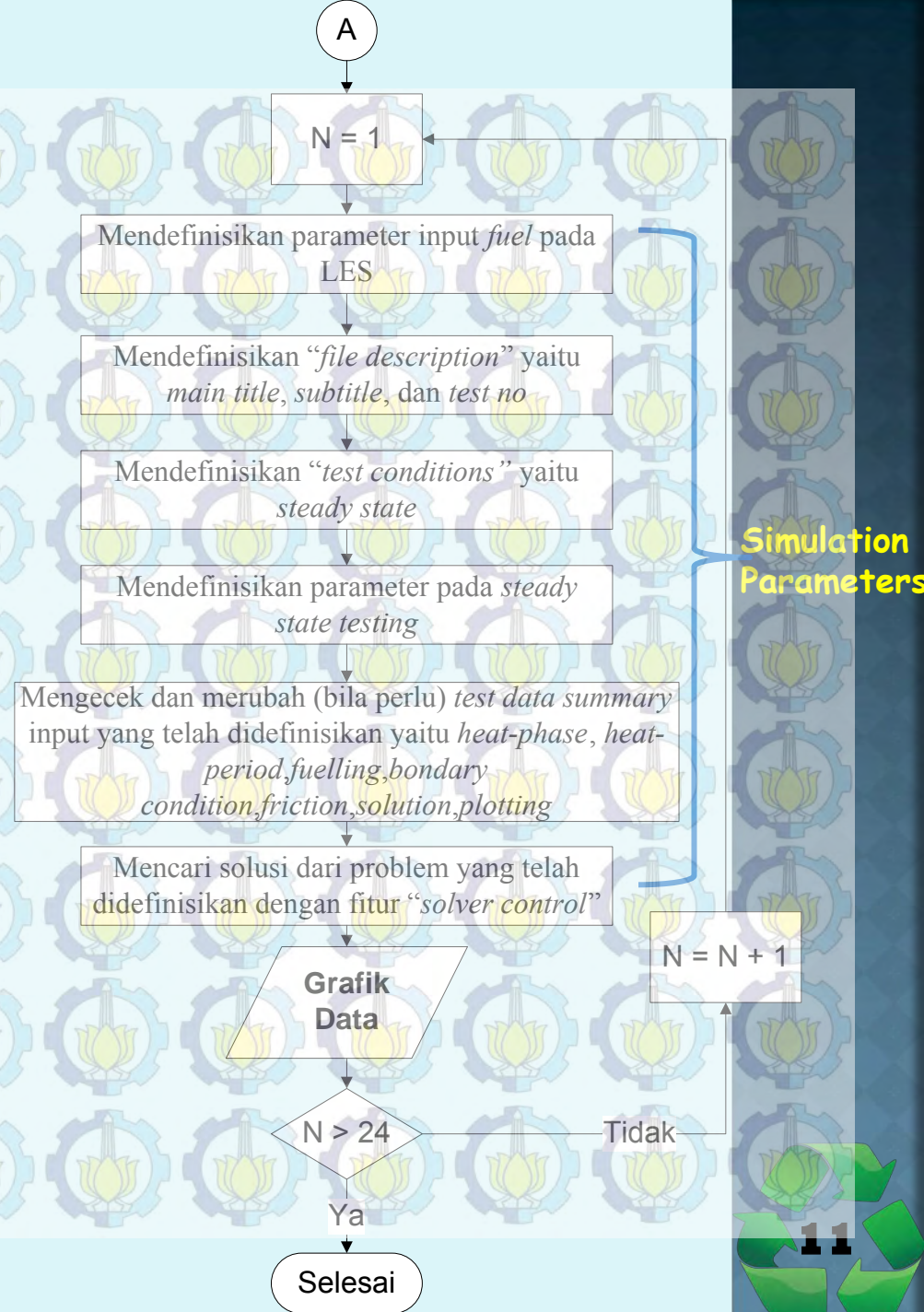
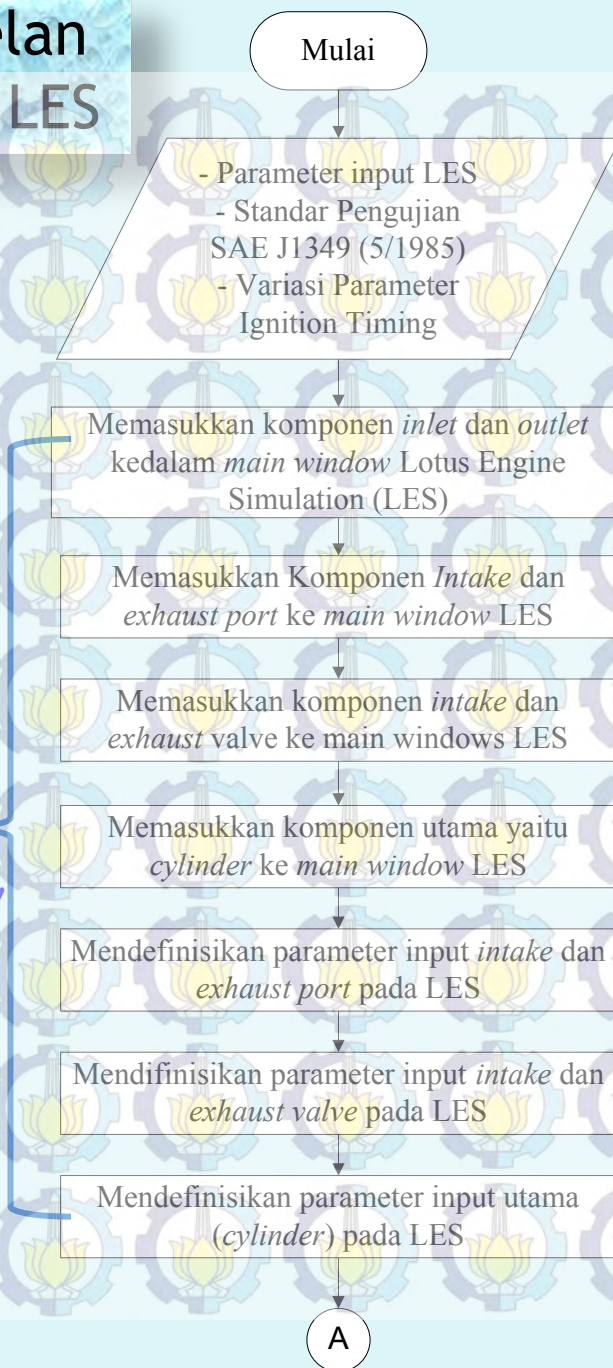
1. Umum

2. Khusus



Pemodelan Dengan LES

Basic Input Geometry

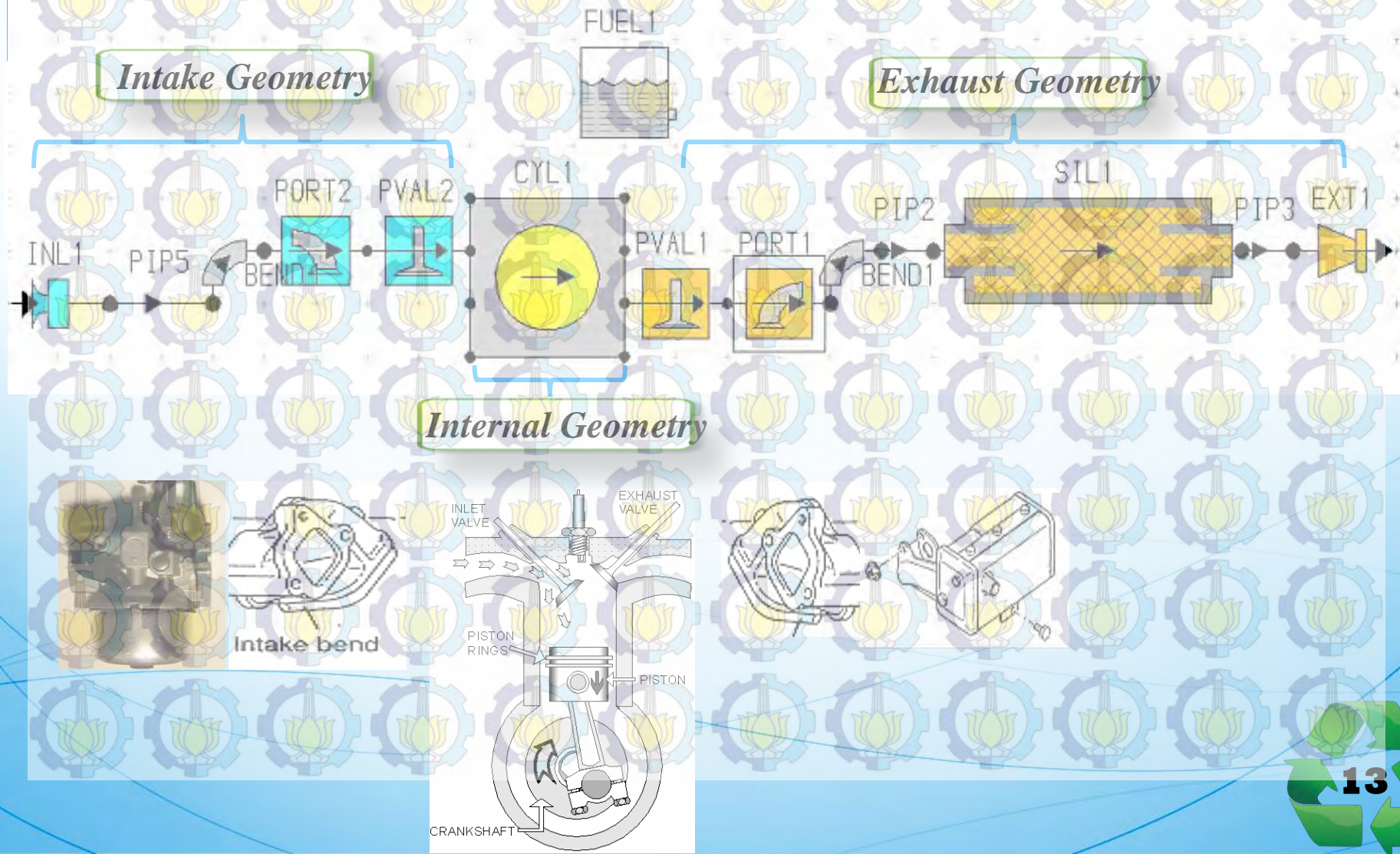


Simulation Parameters



No. Simulasi	Nama Simulasi	Parameter utama	
		Ignition Timing (Degree BTDC)	AFR
1	Gasoline STD	10	14.6
2	LPG STD	10	15.5
3	LPG 1	23	15.5
4	LPG 2	16	15.5

SISTEM DESIGN PADA LESoft



BAB IV

ANALISIS DATA & PEMBAHASAN

Konvergensi

Performa

Tekanan

Massa Alir

Brake Torque

Brake Power

BMEP

BSFC

Vol. Eff.

In Cylinder Press Vs CAD

Tekanan Peak

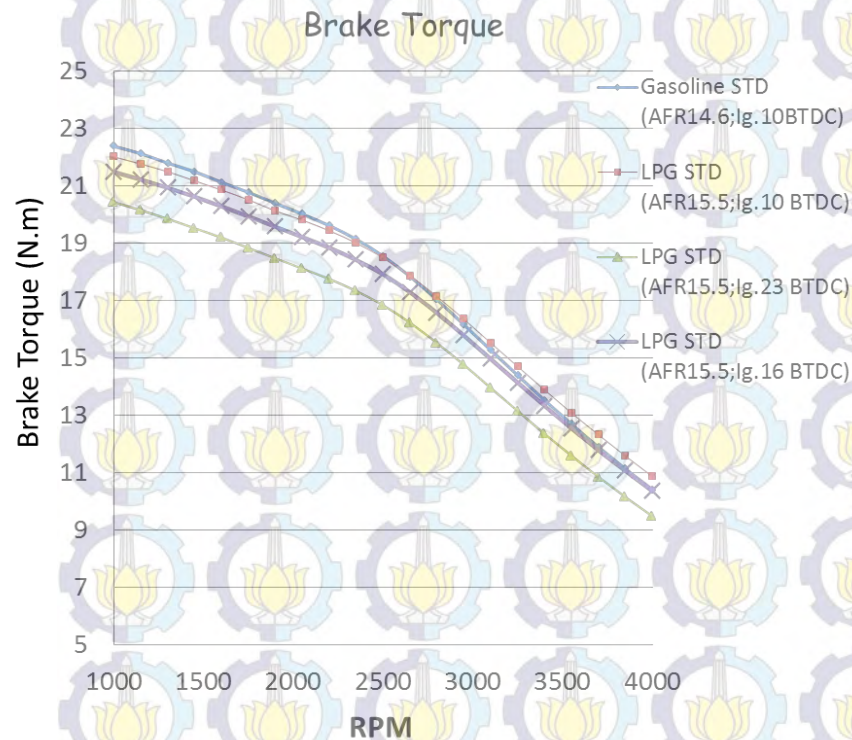
m. Bahan Bakar

m. Udara

Pembahasan Hasil
Simulasi LES



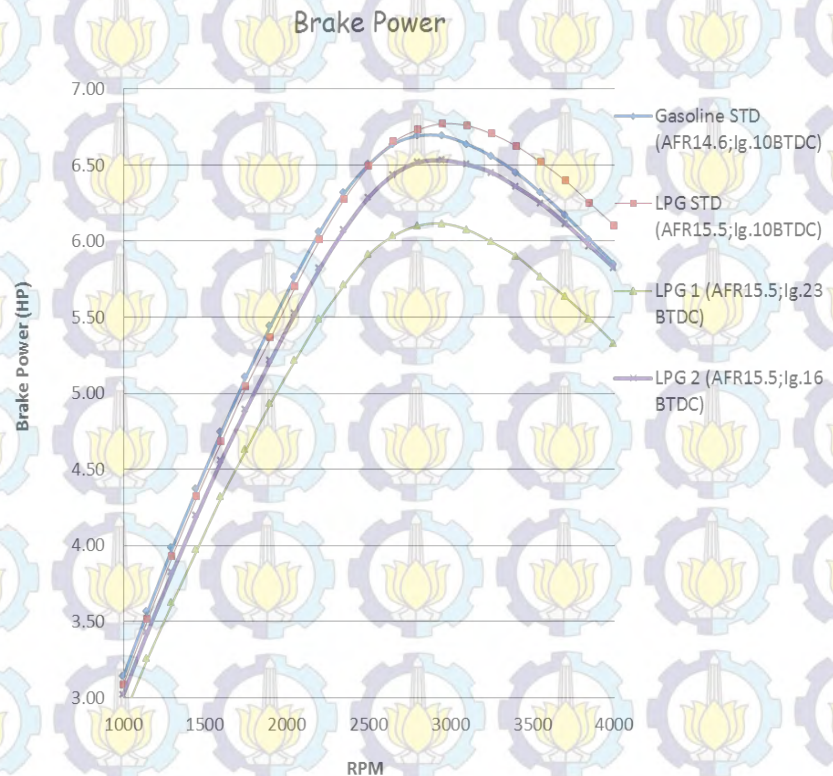
Brake Torque



Performa

Brake Power

Penggantian gasoline dengan LPG pada kondisi operasional standar gasoline menghasilkan rata - rata kenaikan brake torque sebesar +0,11 % sedangkan brake power terbaik terjadi pada LPG STD dengan rata - rata kenaikan +0,11 %.



Penggantian gasoline dengan LPG pada kondisi operasional standar gasoline menghasilkan rata - rata kenaikan brake power sebesar +0,7 % sedangkan brake power terbaik terjadi pada LPG 1 dengan rata - rata kenaikan +0,7 %.

Memverifikasi Hasil Simulasi pada LES dengan Perhitungan *manual* menggunakan rumus empiris pada kondisi putaran mesin 1300 rotasi per menit (rpm) pada diesel standart [John B Heywood ,1988]

$$P = 2\pi NT$$

Dimana : N = 2200 rpm

T = 19,61 Nm [Tabel 4.10]

Dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$P = 2\pi NT$$

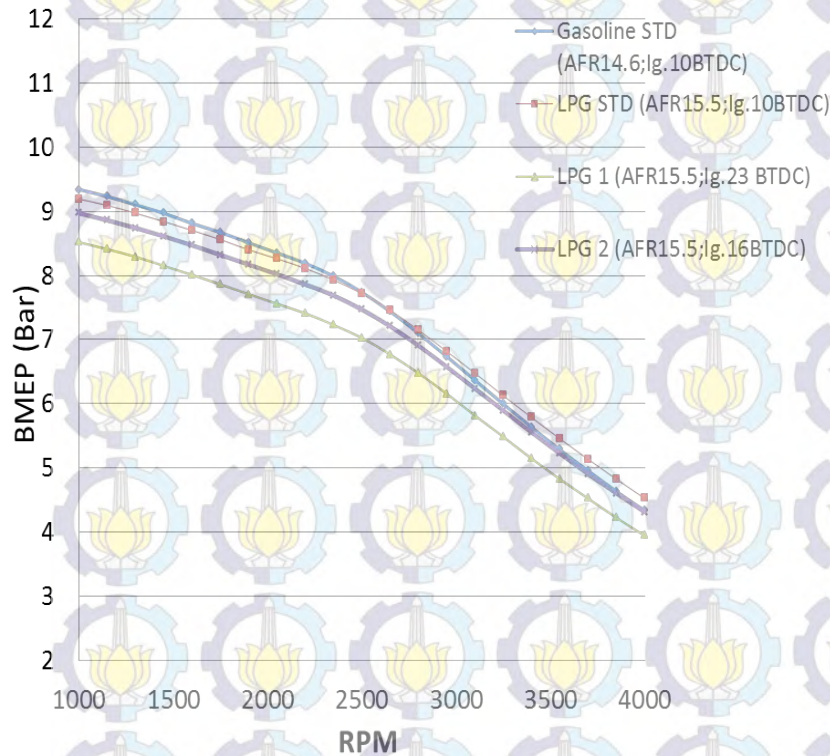
$$= 2\pi \times 2200 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times 19,61 \text{ Nm} \times \left| \frac{\text{min}}{60 \text{ sec}} \right|$$

$$= 4517,82 \text{ watt}$$

$$= 4,52 \text{ kW}$$

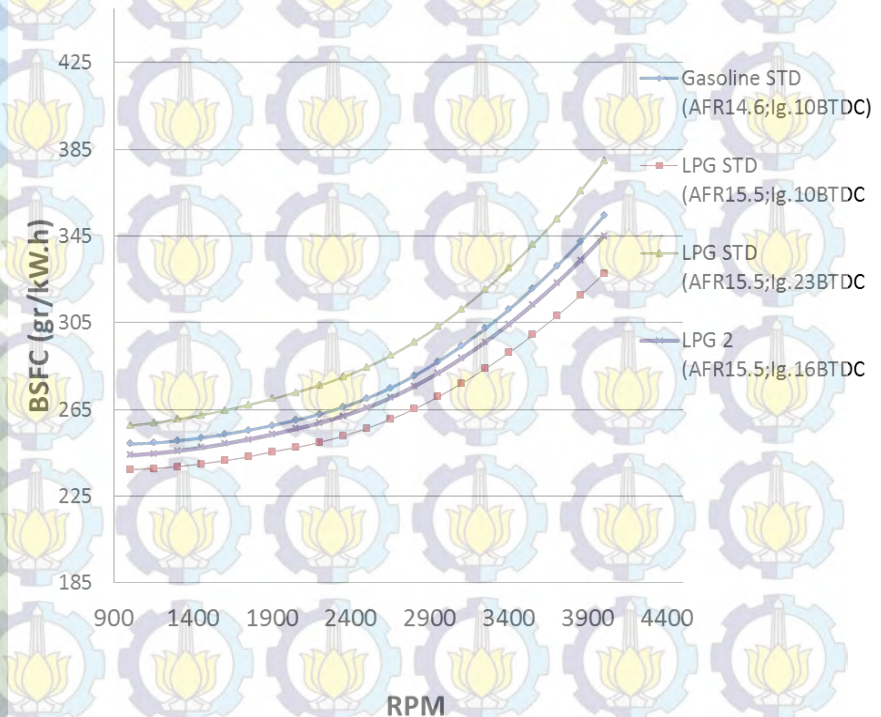
No	Speed (rev/min)	Gasoline STD	LPG STD	LPG 1	LPG 2
		(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
1	1300	2.97	2.93	2.7	2.85
2	2200	4.52	4.48	4.09	4.34
3	3700	4.6	4.77	4.2	4.56

Break Mean Efektif Pressure



rata - rata kenaikan BMEP sebesar +0,14 % sedangkan BMEP terbaik terjadi pada LPG STD dengan rata - rata kenaikan +0,14 %.

Break Spesific Fuel Consumption



rata - rata penurunan BSFC sebesar -5,7 % sedangkan BSFC terbaik terjadi pada LPG STD dengan rata - rata penurunan -5,7 %.

Memverifikasi Hasil Simulasi pada LES dengan Perhitunagn *manual* menggunakan rumus empiris pada kondisi putaran mesin 1300 rotasi per menit (rpm) pada diesel standart (**John B Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals**)

$$BMEP (kPa) = \frac{6,28 \times 2 \times T}{V_d}$$

Dimana : $T = 19,61 \text{ Nm}$ [Tabel 4.11]

$$V_d = 0,301 \text{ dm}^3$$

$$\begin{aligned} BMEP &= \frac{6,28 \times 2 \times T}{V_d} \\ &= \frac{6,28 \times 2 \times 19,61 \text{ Nm}}{0,301 \text{ dm}^3} \times \left| \frac{\text{dm}^3}{10^{-3} \text{ m}^3} \right| \times \left| \frac{\text{bar}}{10^5 \text{ pa}} \right| \\ &= 8,18 \text{ bar} \end{aligned}$$

No	Speed (rev/min)	Gasoline STD bar	LPG STD bar	LPG 1 bar	LPG 2 bar
1	1300	9.1	8.97	8.29	8,74
2	2200	8.19	8.11	7.41	7,86
3	3700	4.96	5.14	4,53	4,91

Memverifikasi Hasil Simulasi pada LES dengan Perhitungan *manual* menggunakan rumus empiris pada kondisi putaran mesin 2200 rotasi per menit (rpm) pada diesel standart (**John B Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals**)

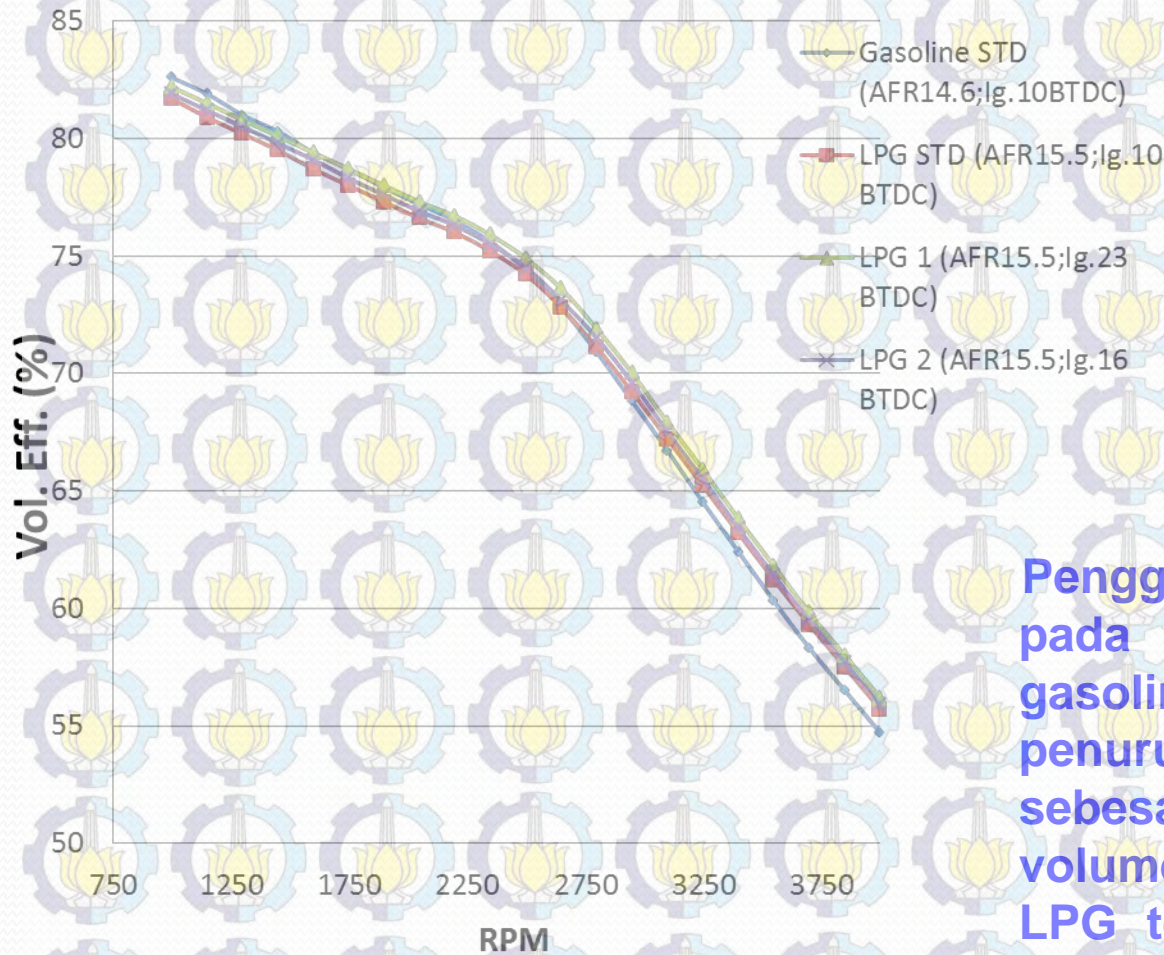
$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P}$$

Dimana : $\dot{m}_f = 0,330 \frac{gr}{sec}$
 $P = 4,52 \text{ kW}$

$$\begin{aligned} sfc &= \frac{\dot{m}_f}{P} \\ &= \frac{0,330 \frac{gr}{sec}}{4,52 \text{ kW}} \times \left| \frac{3600 \text{ sec}}{hr} \right| \\ &= 262,832 \text{ gr/kW.hr} \end{aligned}$$

No	Speed (rev/min)	Gasoline STD (gr/KW.h)	LPG STD (gr/KW.h)	LPG 1 (gr/KW.h)	LPG 2 (gr/KW.h)
1	1300	250.55	238.66	260.4	245.85
2	2200	262.81	249.88	276.13	258.77
3	3700	331.1	308.1	352.85	323.26

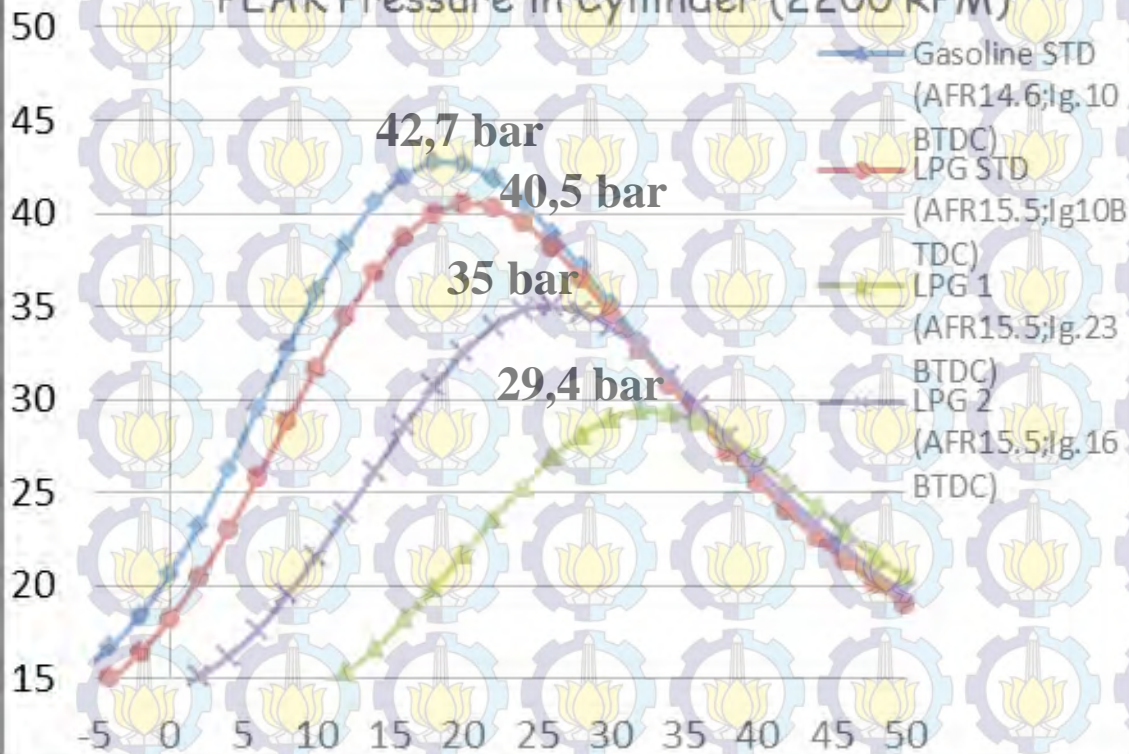
Volumetric Eff.



Penggantian gasoline dengan LPG pada kondisi operasional standar gasoline menghasilkan rata - rata penurunan volumetric efficiency sebesar **-0,05 %** sedangkan volumetric efficiency terbaik untuk LPG terjadi LPG 2 dengan rata - rata kenaikan **0,35 %**.



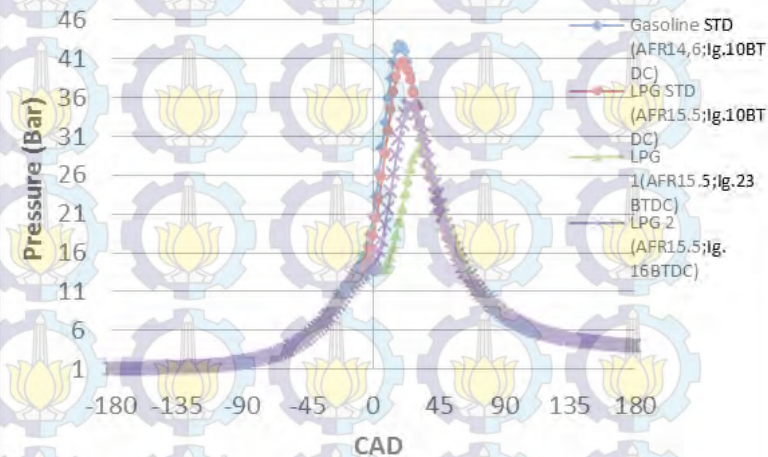
PEAK Pressure in Cylinder (2200 RPM)

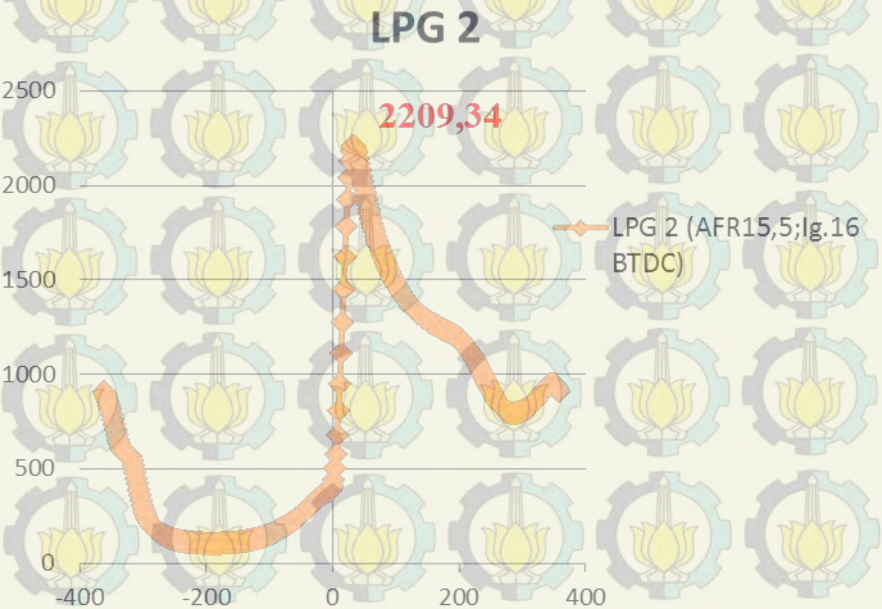
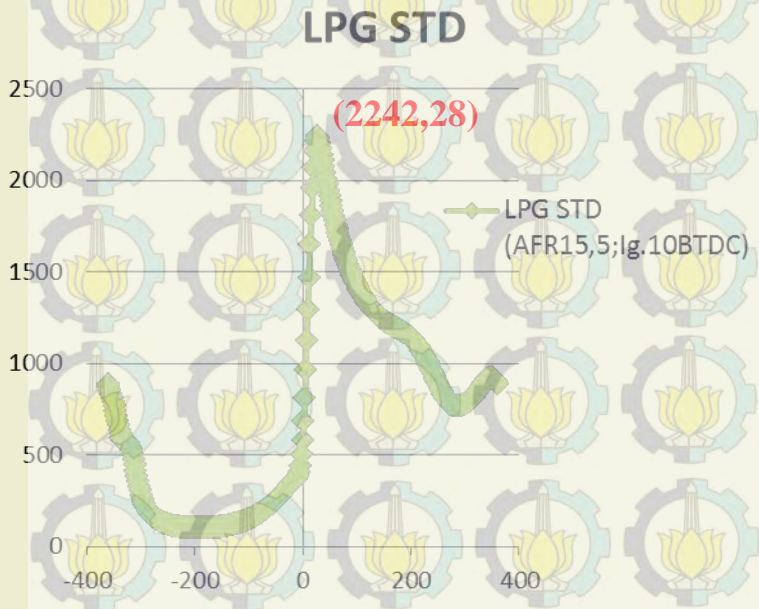
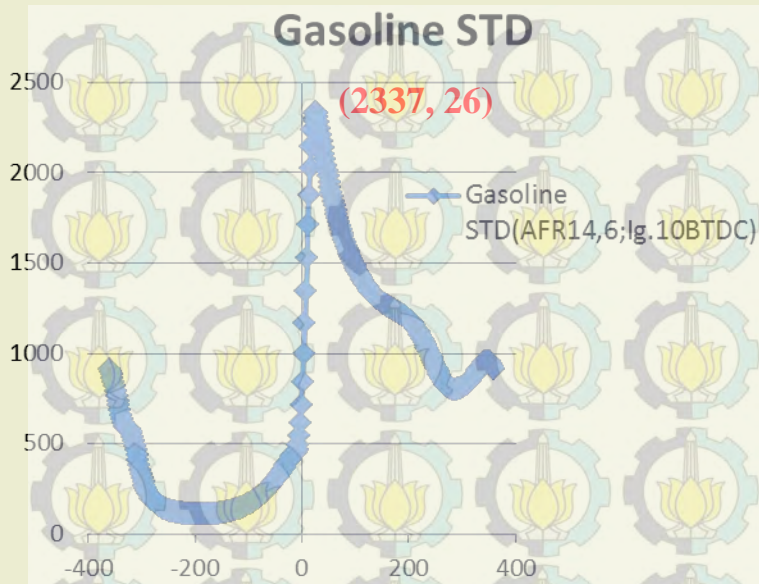


← *reterded*

advencment →

In Cylinder Pressure vs CAD (2200 RPM)





	Fuel Mass Rate (gr/s)			
RPM	Gasoline STD	LPG STD	LPG1 HR+4 AFR 15.5	LPG2 HR+13 AFR 15.5
1300	0.206	0.194	0.195	0.195
2200	0.330	0.311	0.314	0.312
3700	0.423	0.408	0.412	0.410

No	Speed (rev/min)	LPG STD Pporos (HP)	Hasil Perhitungan Pinput (HP)	Efisiensi Thermal. (%)
1	2200	6,01	19,21	31,29

Massa Alir Udara

RPM	Air Flow Rate (gr/s)			
	Gasoline STD	LPG STD	LPG1 HR+4 AFR 15.5	LPG2 HR+13 AFR 15.5
1300	3.057	3.028	3.051	3.037
2200	4.886	4.854	4.898	4.872
3700	6.269	6.370	6.429	6.395

KESIMPULAN

Gasoline STD (AFR14,6; Ig. 10 BTDC)

brake torque : 17,50 N.m

brake power : 5,67 HP

BMEP : 7,3 bar

BSFC : 282,19 gr/KW.h

LPG STD (AFR15,5; Ig. 10 BTDC)

brake torque : 17,52 N.m + 0,11 % (0,02 N.m)

brake power : 5,7 HP + 0,7 % (0,04 HP)

BMEP : 7,312 bar + 0,14 % (0,006 bar)

BSFC : 266,26 gr/KW.h - 5,7 % (15,93 gr/KW.h)

Performa *engine* (*brake torque*, *brake power*, BMEP dan BSFC) berbahan bakar LPG secara keseluruhan dapat dimaksimalkan dengan cara pengaturan AFR pada keadaan stoikiometri LPG yaitu 15,5 dan pengaturan ignition timing berkisar 8-12 BTDC. Dengan pengaturan tersebut unjuk kerja mengalami kenaikan dengan kenaikan masing - masing sebesar +0,11 %; +0,7 %; +0,14 % dan penurunan sebesar -5,7 %.



SARAN

- Durasi pembakaran menentukan lamanya proses pembakaran didalam engine. Untuk mendapatkan hasil lebih akurat perlu dilakukan pengaturan sesuai dengan literatur.
- Potensi kenaikan rasio kompresi terjadi pada bahan bakar LPG karena memiliki angka oktan yang lebih tinggi dibandingkan gasoline.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pulkrabek, Willard W., "Engineering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine." Second Edition, Pearson Prntice-Hall, United States of America, 2002
- [2] Engine Division, "Service Manual Kohler Engine Command Pro CS4-12.75 HP." Kohler CO., Kohler, Wisconsin USA, 1999
- [3] Heywood, John B., "Internal Combustion Engine Fundamentals." McGraw-Hill Book Company, New York, 1988.
- [4] Stone, Richard And K. Ball, Jeffrey, "Automotive Engineering Fundamentals" Warrendale , USA, 2004
- [5] Chan, Kin Yip., Ordys, Andrzej dkk., "Comparison of Engine Simulation for Development of Control Syestem" Modelling and Simulation in Engineering , vol, 21 no., pp. 4016 -4013, 2013

Terima Kasih

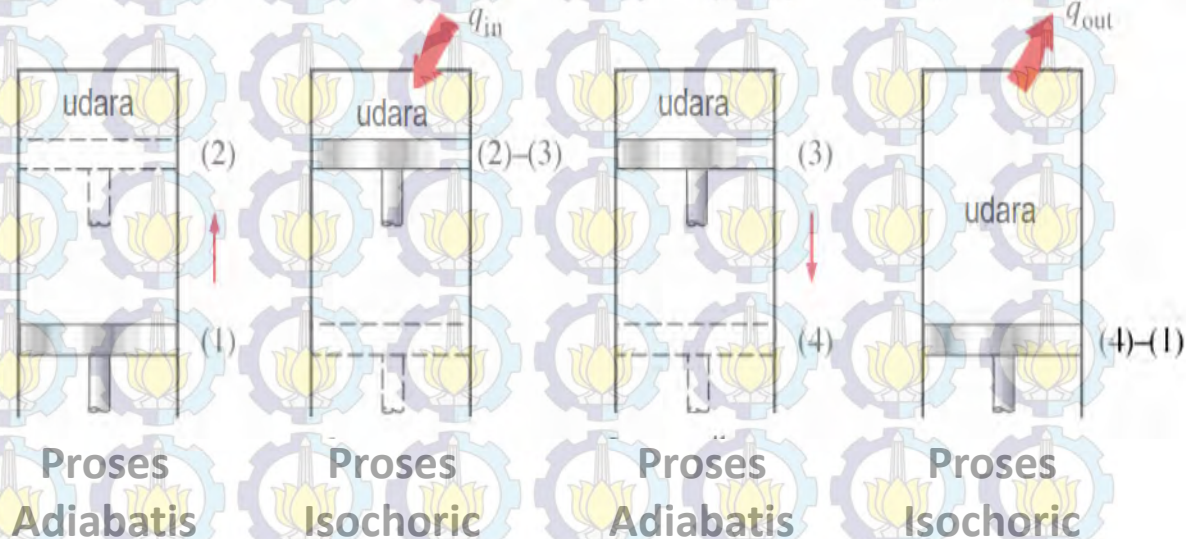
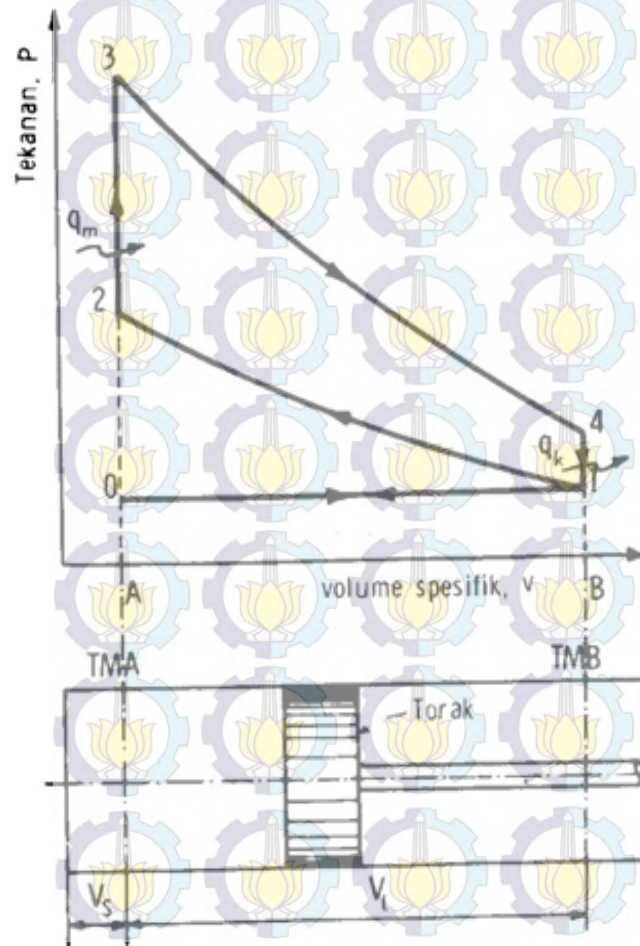


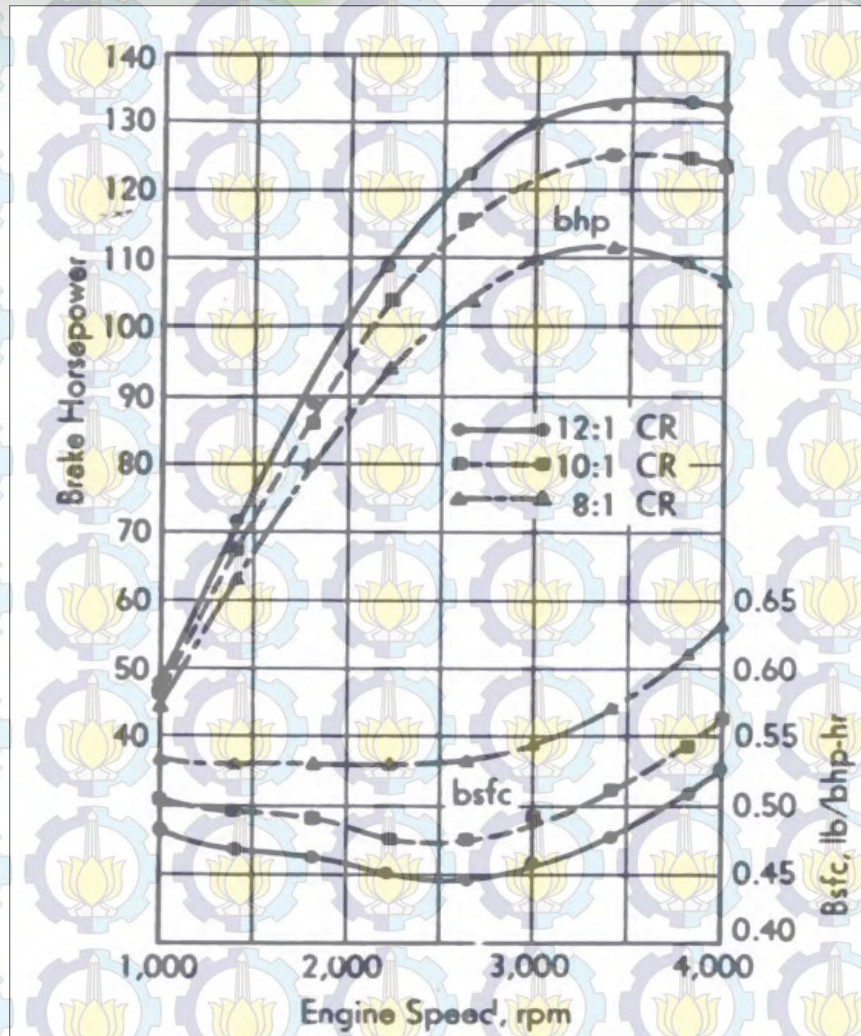
Diagram P-V Siklus OTTO (Siklus Udara Pada Volume Konstan)

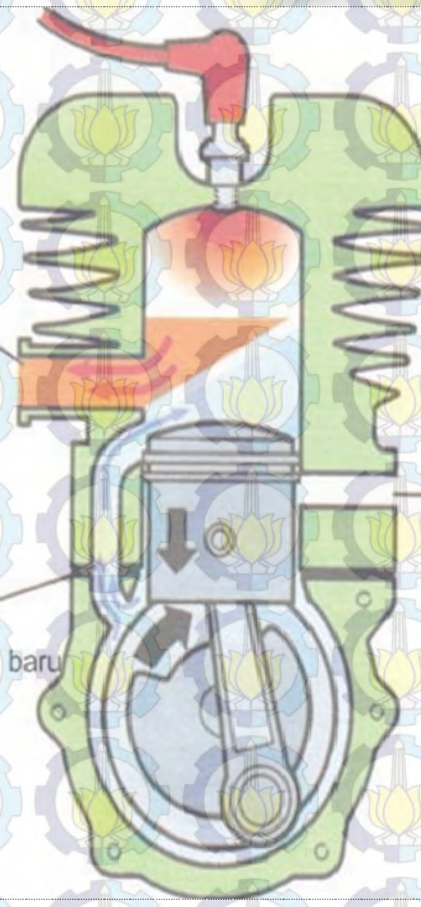
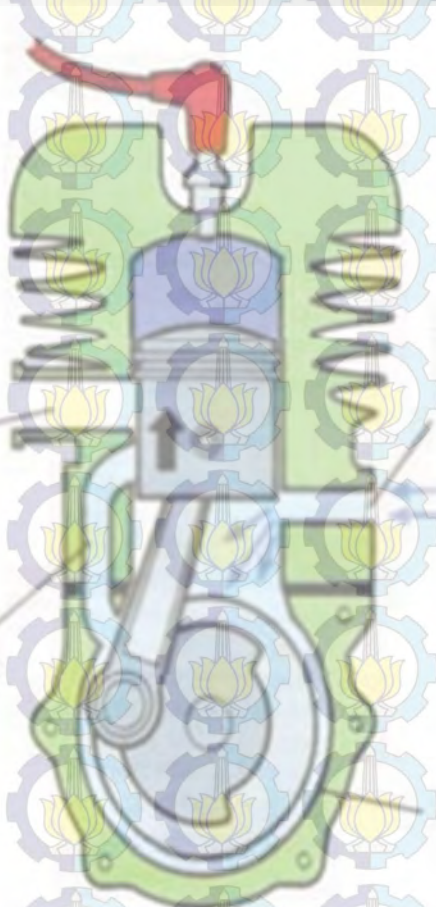
Motor 4 Langkah

Asumsi :

- ☐ Fluida Kerja = Gas Ideal ($C_p = \text{constan}$)
- ☐ Langkah Hisap dan Buang ($P = \text{constan}$)
- ☐ Langkah Kompresi dan Expansi Pada Keadaan Adiabatis







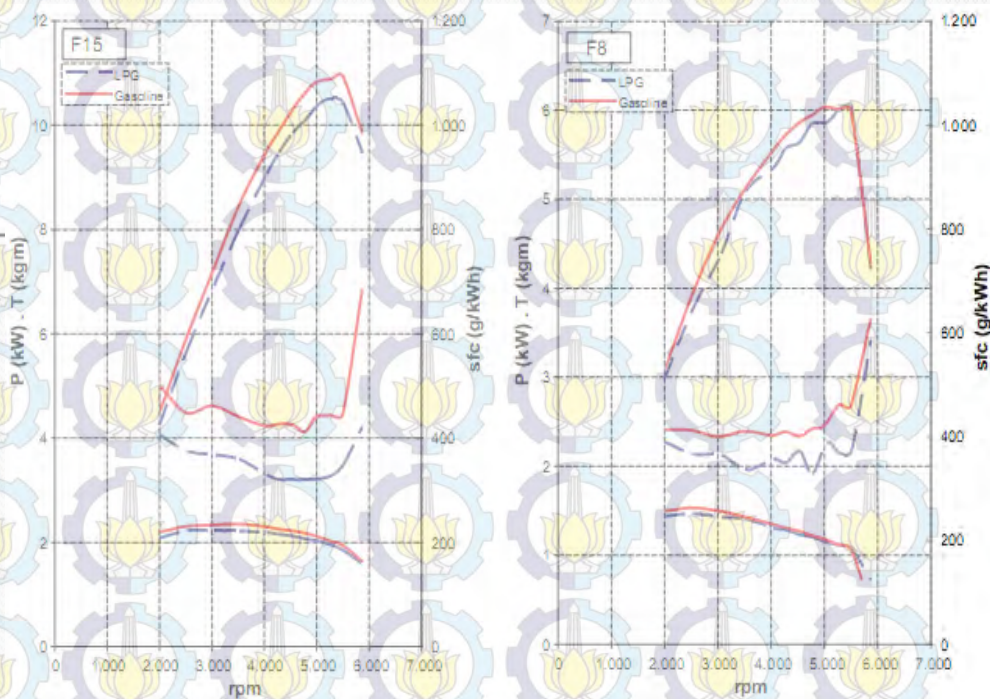
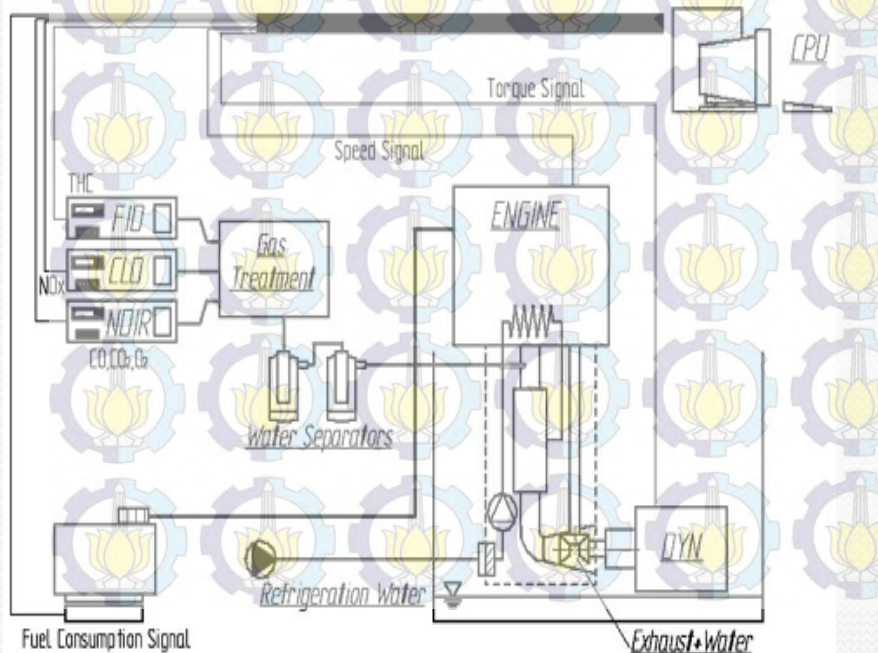
Tabel di bawah ini menunjukkan perbandingan mesin diesel dengan mesin bensin

Item \ Mesin	Mesin Bensin	Mesin Diesel
Langkah Hisap	Campuran udara-bahan bakar dihisap ke cylinder	Hanya udara yang dihisap ke dalam cylinder.
Langkah Kompresi	Piston mengkompresi udara-bahan bakar	Piston mengkompresi udara untuk dinaikkan tekananya sekitar 3 MPa (30 kgf/cm ² , 430 psi) dan temperaturnya sekitar 500 - 800 °C (930 -1,470 °F).
Langkah Pembakaran	Busi menyalakan campuran udara-bahan bakar yang telah dikompresi	Bahan bakar diinjeksikan ke dalam udara yang bertemperatur tinggi dan terbakar oleh panas dari udara kompresi.
Langkah Buang	Piston mendorong gas buang keluar dari cylinder	Piston mendorong gas buang ke luar cylinder.
Pengaturan output tenaga	Diatur oleh banyaknya campuran udara-bahan bakar yang dimasukkan	Diatur oleh banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan (Banyaknya udara yang dimasukkan tidak diatur)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Related Research

	F15	F8
Engine type	4 stroke outboard	4 stroke outboard
Model	Yamaha F 15 AMHL	Yamaha F 8 BMHL
Rated power @ Speed	11 kW @ 5000 rpm	5.9 kW @ 5500 rpm
Diameter/stroke (mm)	59/59	59/42
No. cylinders	2	2
Compression ratio	9.19	9.30
Displacement (cm ³)	323	232

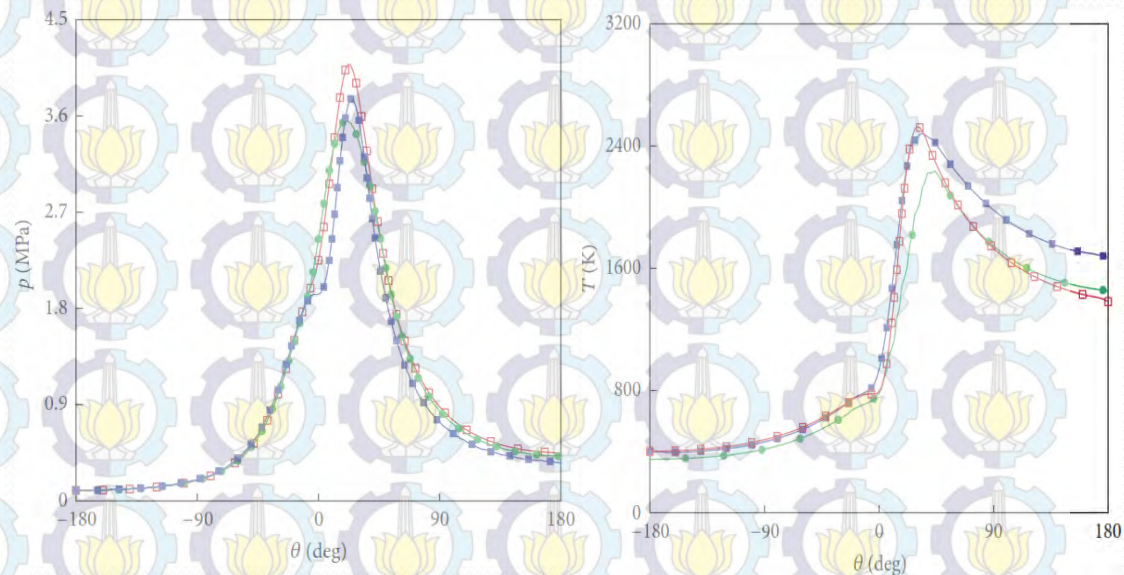


Murillo, S., Miguez, J.L.,
dkk [2005]





Parameter	Value
Ignition timing, deg	-60, -50, -10, 0
Compression ratio	10
Air to fuel ratio	14.7
Valve timing, deg	EVO 170, EVC 330, IVO 390, IVC 550



Vhan, Kinyip., Ordys, A
ndrzej dkk [2013]

The diagram illustrates a process flow for Lotus Combustion Modelling. It features a central blue circle with the text "LOTUS COMBUSTION MODELLING". Two large, curved arrows, one orange and one blue, form a circular path around the central circle. The orange arrow points from the central circle to the "Single Wiebe" circle, and the blue arrow points from the "Single Wiebe" circle to the "Double Wiebe" circle. The background is a green grid with a repeating pattern of lotus flowers and gears. In the bottom right corner, there is a small illustration of a green car, a city skyline, and a recycling symbol.

LOTUS
COMBUSTION
MODELLING

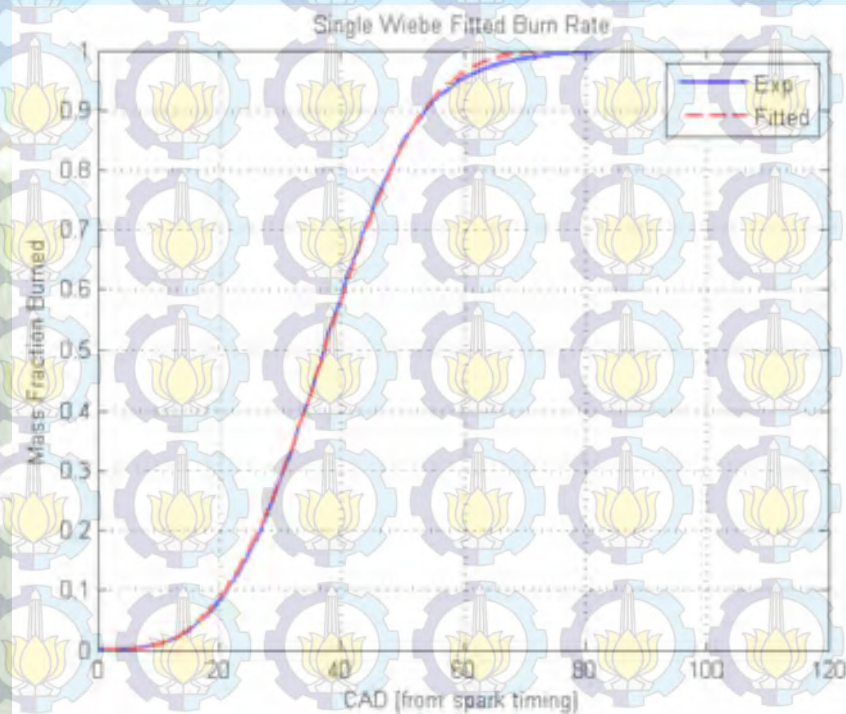
Single
Wiebe

Double
Wiebe

Single Wiebe

Single wiebe function dapat dengan akurat memprediksi karakteristik pembakaran pada S.I.E. yang memiliki konsentrasi residual rendah pada campuran pembakaran sehingga memperpanjang durasi pembakaran.

jumlah massa yang terbakar pada CAD tertentu dibandingkan dengan total massa yang disedot masuk ke ruang bakar



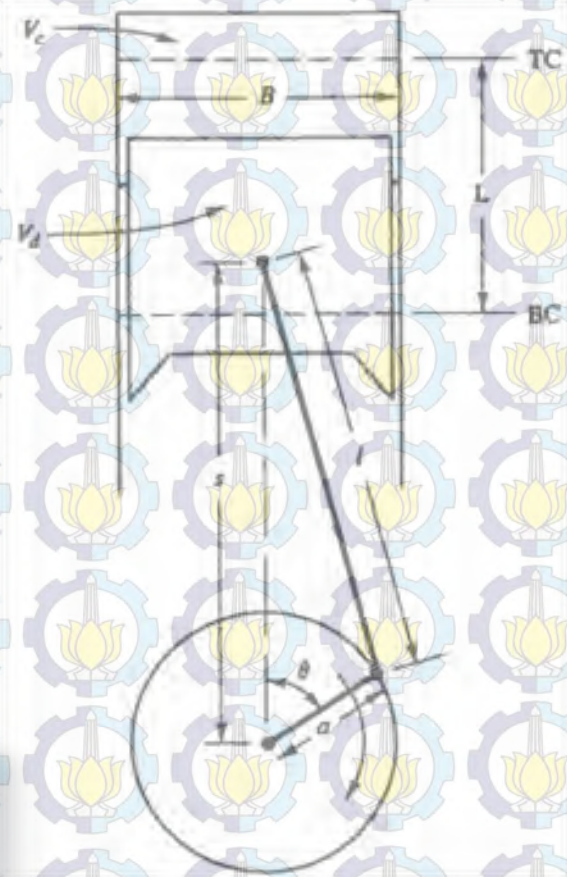
Internal Geometris S.I.E. 4 Langkah

$$r_c = \frac{\text{volume silinder maksimum}}{\text{volume silinder minimum}} = \frac{V_d + V_c}{V_c}$$

$$l = \frac{\alpha}{\lambda} \quad L = 2\alpha$$

$$V = V_c + \frac{\pi B^2}{4} + (l + a - s)$$

$$s = a \cos \theta + (l^2 - a^2 \sin^2 \theta)^{1/2}$$



Kebanyakan S.I.E. 4 langkah menggunakan nilai r_c dikisaran 12 - 12, λ dikisaran 0,25 - 0,30 [Heywood : 1988]



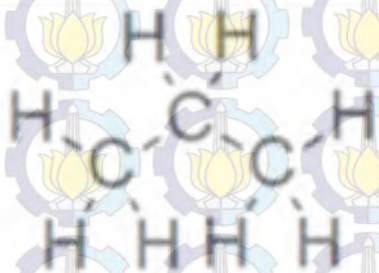
Gasoline properties

- kandungan energi per volume sebesar 35 MJ/l (U.S. EPA)
- RON min. > 88
- Jernih, terang, berwarna kemerahan karena adanya zat pewarna (0,13 gr/100 l)
- ρ (15°C) = 715 – 780 Kg/m³
- P_{uap} maks. = 62 Kpa
- S & Pb max. content > 0,05 % & 0,013gr/l



Propana

- Rumus molekular > C_3H_8
- Gas (1 atm), *flammable, colourless, easy to liquify*
- Densitas energi > 46,44 MJ/Kg



Ikatan C - H

Complete Comb.



Incomplete Comb.



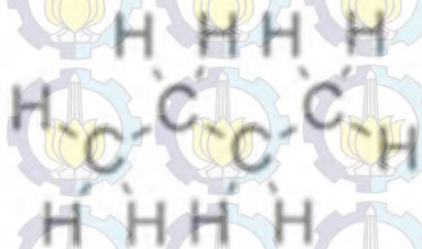
PROPANA PROP.

Properties (1 atm)	Value	Unit
Molecular Weight	44,096	gr/mol
ρ (at boiling point, $-42,1^{\circ}\text{C}$)	2,423	kg/m^3
ρ (at 15°C)	1,91	-
Z (at 15°C)	0,9821	-
SG (at 21°C)	1,55	-
v (at 21°C)	0,543	m^3/kg
C_p (at 25°C)	0,075	$\text{kJ}/(\text{mol.K})$
C_v (at 25°C)	0,066	$\text{kJ}/(\text{mol.K})$
μ (at 0°C)	-	Poise
k (at 0°C)	15,198	$\text{mW}/(\text{m.K})$
Flash point	-104	$^{\circ}\text{C}$
Autoignition temperature	540	$^{\circ}\text{C}$
Explosive limits	2,37-9,5	%
Enthalpy of Combustion, $\Delta_c H^{\ominus}$	-2202	kJ/mol



BUTANA

- Rumus molekular > C_4H_{10}
- Gas (1 atm), *flammable, colourless, easy to liquify*
- Densitas energi > 46,44 MJ/Kg



Ikatan C - H

Complete Comb.



Incomplete Comb.



BUTANA PROP.

Properties (1 atm)	Value	Unit
Molecular Weight	58,123	gr/mol
ρ (at boiling point, $-0,5^{\circ}\text{C}$)	2,7	kg/m^3
ρ (at 15°C)	2,52	-
Z (at 15°C)	0,9625	-
SG (at 21°C)	2,076	-
v (at 21°C)	0,4	m^3/kg
C_p (at 25°C)	0,096	$\text{kJ}/(\text{mol.K})$
C_v (at $15,6^{\circ}\text{C}$)	0,088	$\text{kJ}/(\text{mol.K})$
μ (at 0°C)	0,0000682	Poise
k (at 0°C)	13,6	$\text{mW}/(\text{m.K})$
Flash point	-60	$^{\circ}\text{C}$
Autoignition Temp.	288	$^{\circ}\text{C}$
Explosive limits	1.8–8.4	%
Enthalpy of Combustion, $\Delta_c H^{\circ}$	-2877,5	kJ/mol

